



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

SVARTSENGI

Líkanreikningar á áhrifum vinnslu úr gufupúða

Verkfræðistofan Vatnaskil hf

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-92038/JHD-19 B

Júlí 1992



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630221

SVARTSENGI

Líkanreikningar á áhrifum vinnslu úr gufupúða

Verkfræðistofan Vatnaskil hf

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-92038/JHD-19 B

Júlí 1992

EFNISYFYRLIT

1. INNGANGUR	3
2. REIKNILÍKAN	3
3. ÚTREIKNINGAR Á VINNSLUTÍMABIL 1976-1992	5
4. VINNSLUSPÁ FYRIR TÍMABILÐ 1992-2010	5
MYNDIR	6

1. INNGANGUR

Að undanfögnu hefur Verkfræðistofan Vatnaskil unnið að gerð reiknilíkans af jarðhitakerfinu í Svartsengi. Verkið er unnið fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja, og er beint framhald af fyrri líkangerð fyrir jarðhitasvæðið eins og greint er frá í skýrslunni "Svartsengi, Reiknilíkan af jarðhitakerfi" (1989). Í því líkani var eingöngu gert ráð fyrir vinnslu úr vatnshluta jarðhitakerfisins og sagt fyrir um hvernig vatnsborðshækkun er við mismunandi vinnslu þar. Við þessa líkangerð kom í ljós að nauðsynlegt var að minnka massatöku úr jarðhitasvæðinu til að draga úr miklum niðurdrætti. Í því skyni má fara tvær leiðir. Sú fyrri er að dæla niður vatni í jarðhitakerfið nógu langt frá vinnslusvæðinu til að hindra kælingu en hins vegar nógu nálægt til að draga úr vatnsborðslækkuninni. Hin leiðin er að auka gufuvinnslu, en við það minnkar massatakan úr svæðinu vegna orkuríkari gufuvinnslu.

Nú er fyrirhuguð ferkari vinnsla úr gufusvæði og er því mikilvægt að geta sagt fyrir um hvernig svæðið bregst við þeirri vinnslu. Því var ákveðið að útvíkka líkanið þannig að einnig mætti segja fyrir um áhrif gufuvinnslu á gufusvæðið.

2. REIKNILÍKAN

Reiknilíkanið er sýnt á mynd 0. Í megindráttum samanstendur það af vatnssvæði sem neðri hluta með vatns-gufusvæði fyrir ofan. Á milli svæðanna er suðuborð þar sem gufa sýður af. Á myndinni er vinnsla úr gufusvæðinu sýnd sem \dot{M} , en Q er vinnsla úr vatnssvæðinu, úr dýpri borholum. Við vinnsluna lækkar þrýstingur, h , í vatnssvæði, og þrýstingur, P , á suðusvæði. Við það lækkar suðuborð, m_s , og vatn, q_s , losnar úr geymslu til vatnssvæðis og gufa, \dot{m} , sýður af til gufusvæðis. Eftirfarandi líkingar lýsa reiknilíkaninu stærðfræðilega.

Vatnssvæði

$$\nabla(T\nabla h) + \alpha_s - Q = S_E \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

þar sem S_E er fjaðurstuðull jarðhitageymisins og T er leiðnin í honum.

Streymi til vatnssvæðis

$$Q_s = \phi S \frac{dh_s}{dt} \quad (2)$$

þar sem ϕ er poruhluti á suðusvæði, S er rúmálshluti gufu.

Massasamfelli fyrir suðuborð

$$\phi A \rho_w (T_o) \frac{dh_s}{dt} = \phi A \frac{dh_s}{dt} \{ S \rho_g (T) + (1-S) \rho_w (T) \} + m + \rho_w (T_o) Q_s \quad (3)$$

A er flatarmál suðusvæðis um það bil 2 km², T_o er upphafshiti við suðuborð, T hiti við suðuborð, ρ_w er eðlismassi vatns og ρ_g er eðlismassi gufu.

Orkusamfelli fyrir suðuborð

$$A \frac{dh_s}{dt} \{ (1-\phi) C_b \rho_b T_o + \phi \rho_w (T_o) h_w (T_o) \} = A \frac{dh_s}{dt} \{ (1-\phi) C_b \rho_b T + \phi S \rho_g (T) h_g (T) + \phi (1-S) \rho_w (T) h_w (T) + h_g (T) m + \rho_w (T_o) h_w (t_o) Q_s \} \quad (4)$$

C_b er varmarýmd bergs, h_w er vermi vatns og h_g vermi gufu.

Gufusvæði

$$\rho_g V \phi \beta \frac{dP}{dt} = m - M \quad (5)$$

V er rúmmál vatns- gufusvæðis og β er geymslustuðull fyrir sjóðandi jarðhitakerfi gefin með eftirfarandi jöfnu:

$$\beta = \left(\frac{\rho_w - \rho_g}{\rho_w \rho_g (h_g - h_w)} \right)^2 T \{ (1-\phi) \rho_b C_b + \phi (1-S) \rho_w C_w \} / \phi \quad (6)$$

Rúmmál vatns-gufusvæðis er áætlað 280 milljón rúmmetrar. Þegar ofangreindar jöfnur eru leystar saman fást svör við eftirfarandi:

- 1) Vatnsborðslækkun á vatnssvæði
- 2) Lækkun suðuborðs
- 3) Lækkun þrýstings á vatns- og gufusvæði

3. ÚTREIKNINGAR Á VINNSLUTÍMABIL 1976-1992

Vatnsborðslækkun á tímabilinu frá 18.október 1976 til 1. maí 1992 er reiknuð með líkaninu og borin saman við mælingar. Niðurstaðan er sýnd á mynd 1 og ber reikningum mjög vel saman við mælingar. Á árinu 1991 og 1992 dregur úr vatnsborðslækkun og nær reiknilíkan að skýra það með minni meðalvinnslu úr svæðinu. Suðuborðslækkun er síðan sýnd á mynd 2 og þrýstingur á suðusvæði á mynd 3 þar sem mælingar úr holu 10 eru sýndar. Gögn til ákvörðunar á stuðlum fyrir suðusvæðin eru af skornum skammti og eru því spár hér á eftir fyrir þrýstilækkun á gufu ekki eins nákvæmar og fyrir vatnsborðslækkun á vatnssvæðinu.

4. VINNSLUSPÁ FYRIR TÍMABILID 1992-2010

Vatnsborðslækkun og þrýstilækkun er reiknuð fyrir eftirfarandi tvö tilfelli af meðalvinnslu úr jarðhitasvæðunum.

- 1) Vinnsla úr vatnssvæði : 220 kg/s
Vinnsla úr gufusvæði : 30 kg/s
- 2) Vinnsla úr vatnssvæði : 100 kg/s
Vinnsla úr gufusvæði : 60 kg/s

Í báðum tilfellum var reiknað annars vegar miðað við að engin niðurdæling væri í Eldvörpum og hins vegar að niðurdæling væri 100 kg/s.

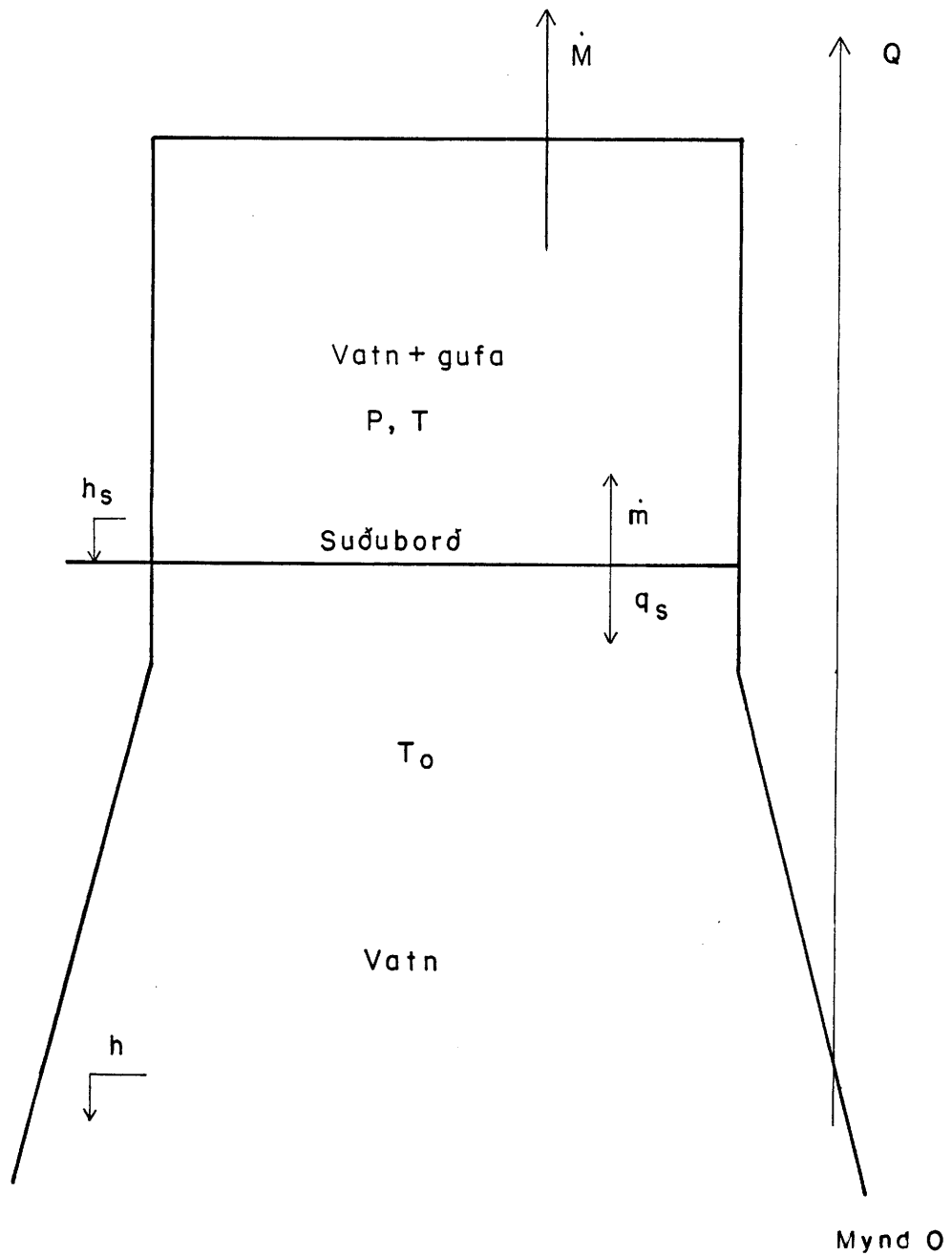
Niðurstöður útreikninga eru sýndar á myndum 4-6 fyrir tilfelli 1 og myndum 7-9 fyrir tilfelli 2.

Í fyrra tilfelli haldast vatnsborð og suðuborð nokkuð stöðug með niðurdælingu en lækkar rúmlega 50 m án niðurdælingar. Þrýstingur á suðusvæði lækkar í um 20 bar og er þrýstilækkunin tæplega 2 börum minni án niðurdælingar vegna lækkunar suðuborðs. Í seinna tilfellinu hækka vatnsborð og suðuborð milli 80 og 90 m með niðurdælingu en aðeins á milli 20 og 30 m án hennar. Vegna hækkunar suðuborðs í báðum tilfellum fellur þrýstingur á suðusvæði nokkuð jafnt með og án niðurdælingar og er orðinn um 12 bar í byrjun árs 2010.

Rétt er ítreka að útreikningur á þrýstilækkun á gufusvæði verða mun ónákvæmari en útreikningar á vatnsborðslækkun þar til frekari gögn hafa safnast saman við vinnslu úr svæðinu.

MYNDIR

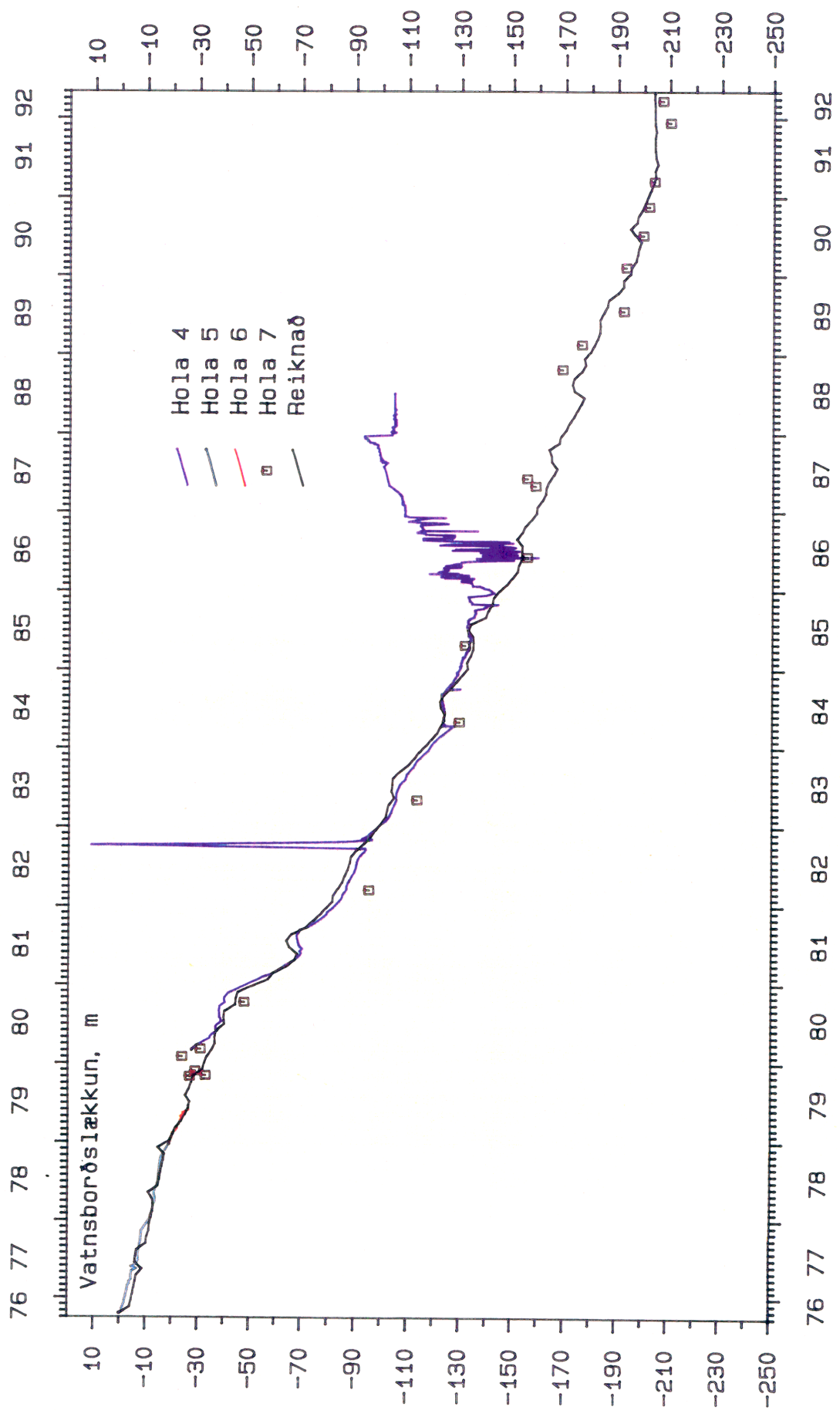
SVARTSENGI
Líkan fyrir gufupúða



HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

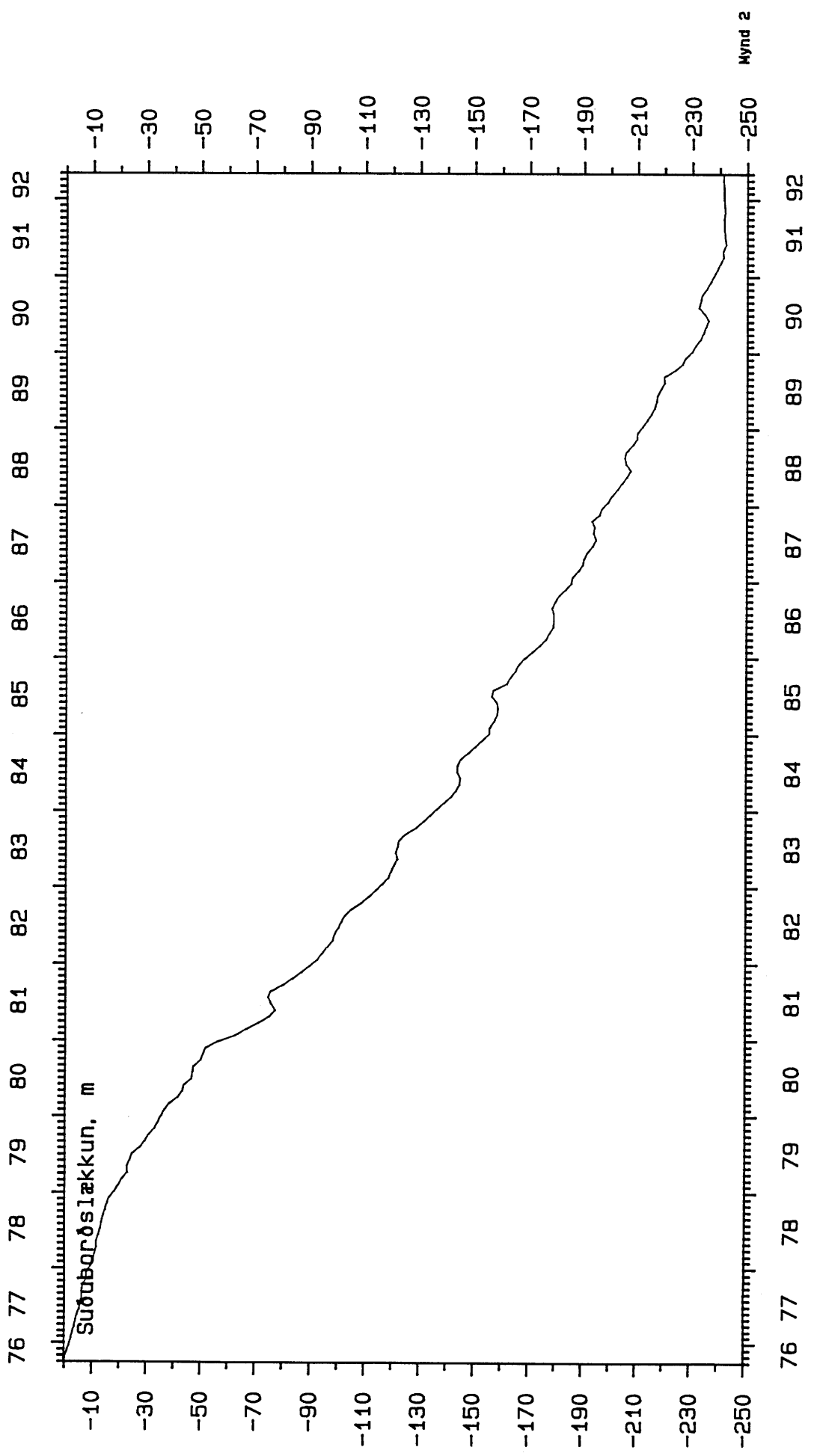
Vatnsborðslækkun 1976 - 1992



HITAVEITA SUDURNESJA

SVARTSENGI

Suðborðslækkun 1976 - 1992

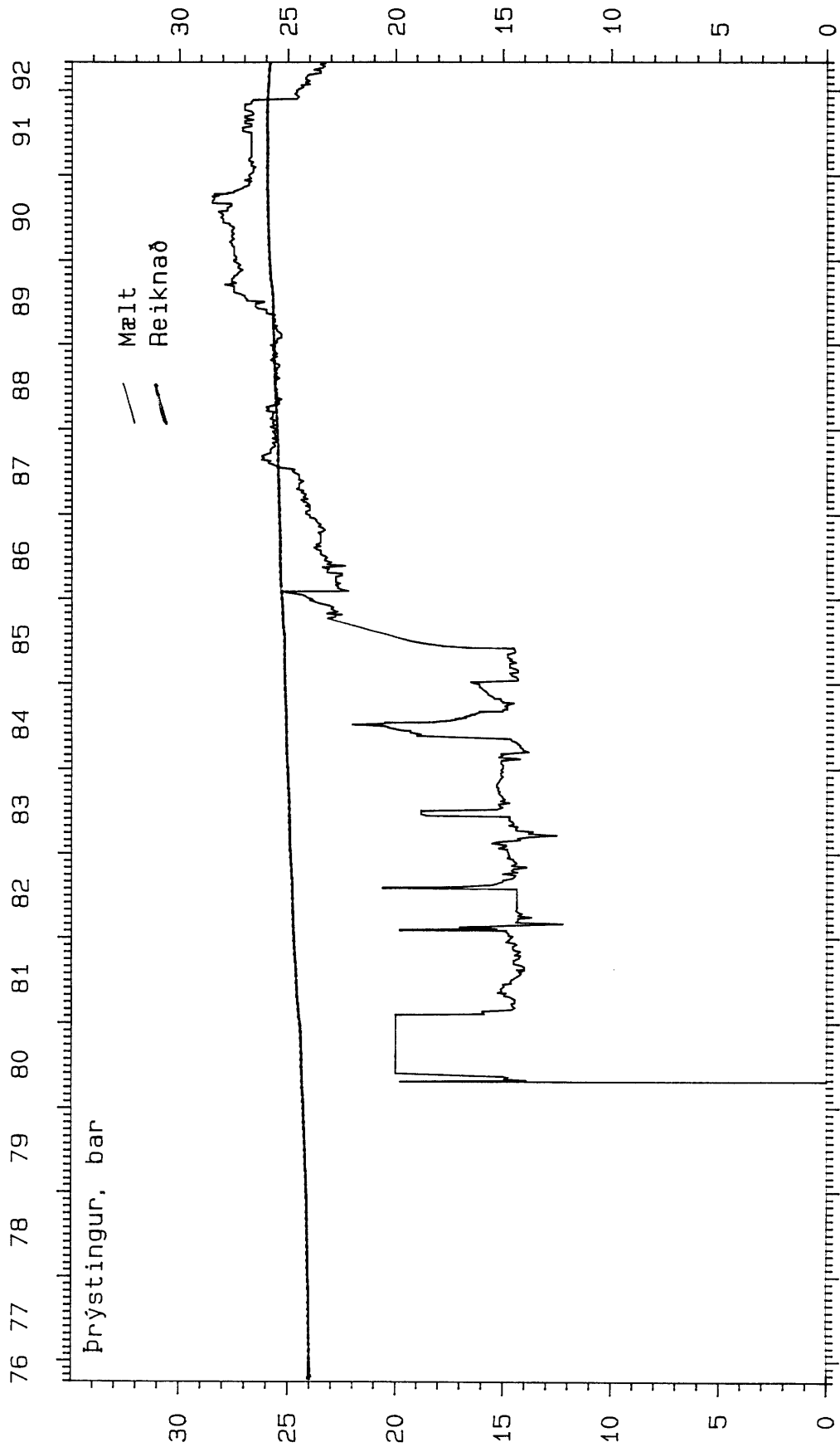


VERKFRÆÐISTOFAN 92.05
VATNASKIL 92-07-29 SPK

HITAVEITA SUÐURNESJA

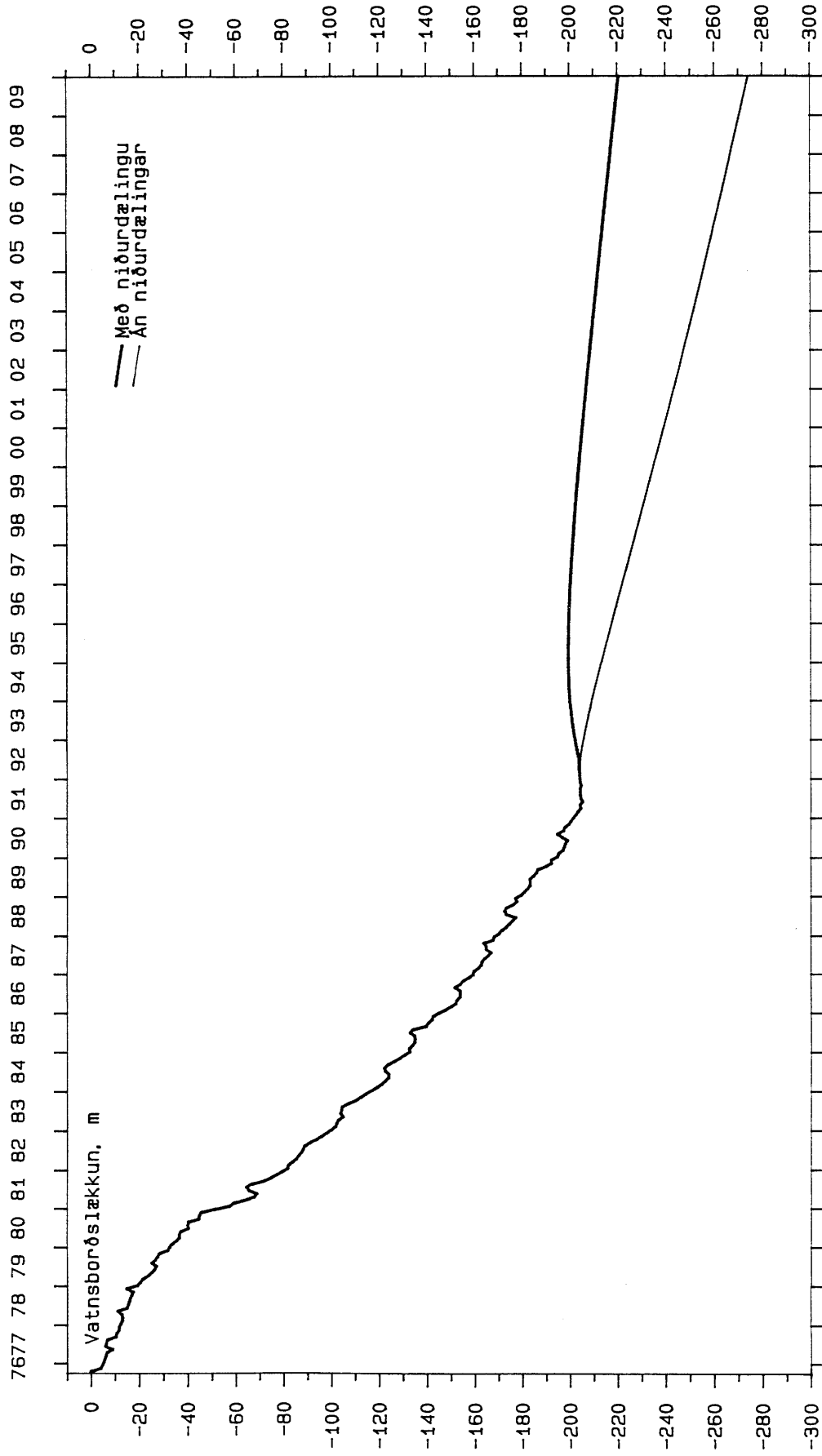
SVARTSENGI

Þrýstingur á suðusvæði



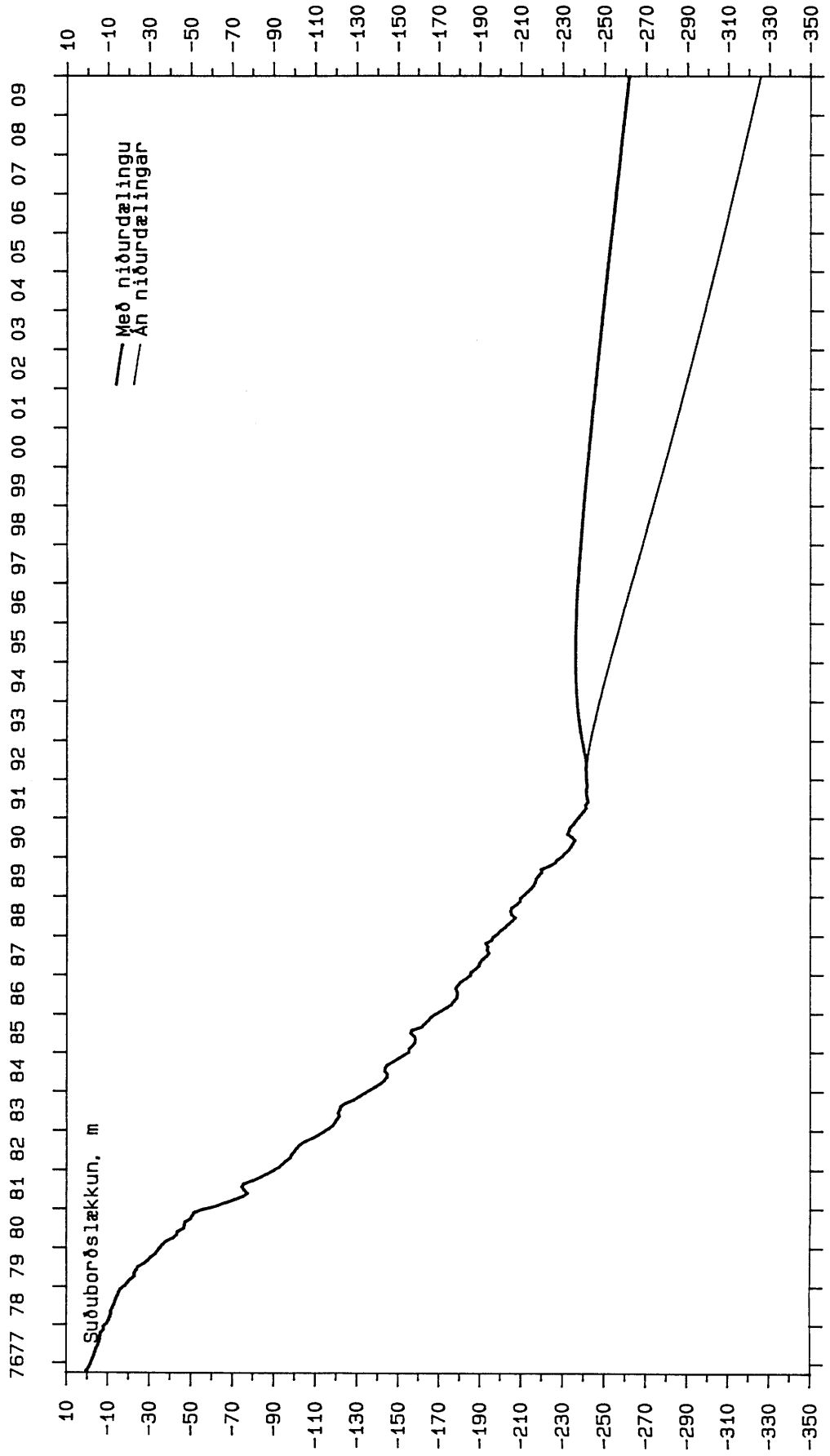
SVARTSENGI

Vatnsborðslækkun 1976 - 2010
Tilfelli 1



SVARTSENGI

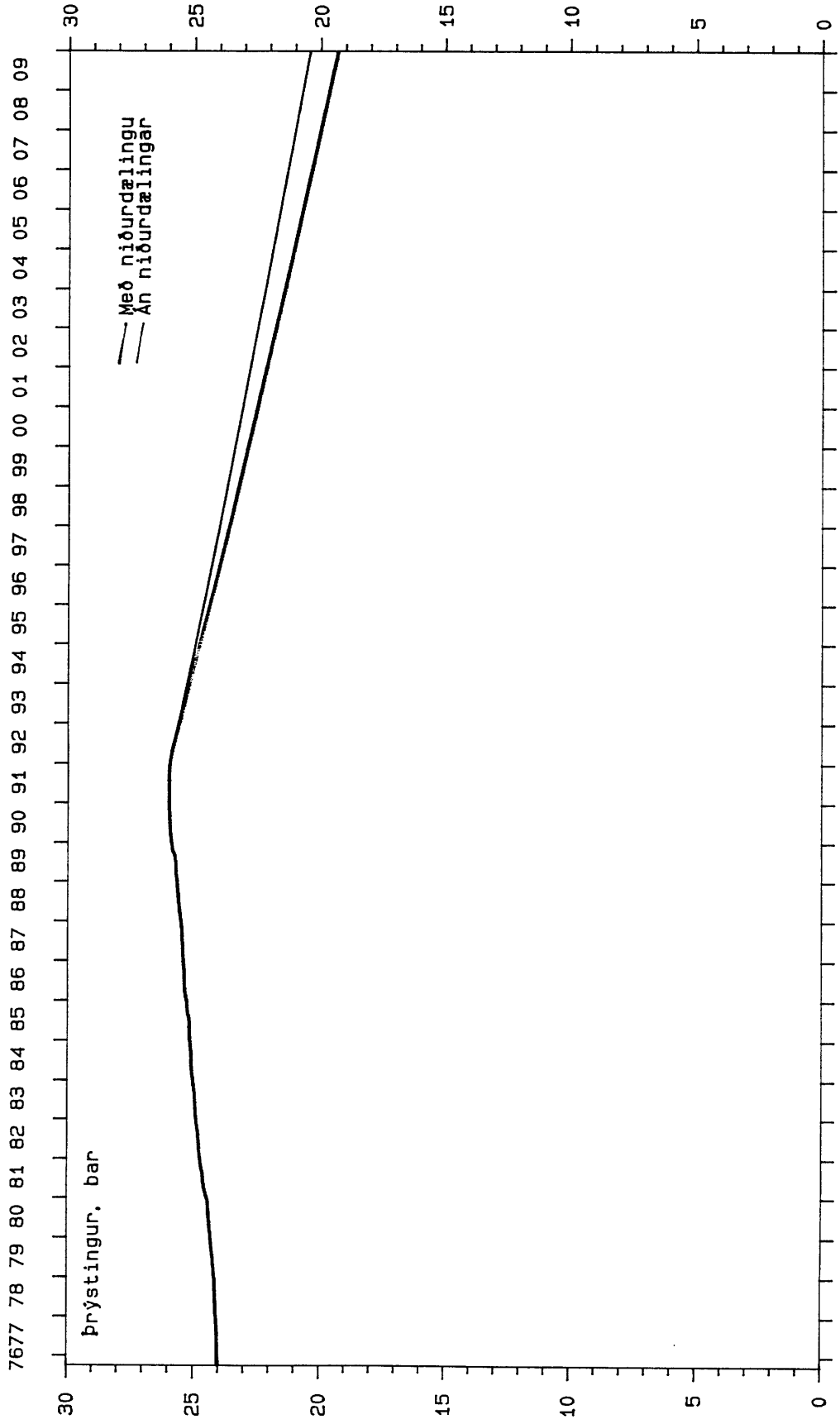
Suðuborðslækkun 1976 - 2010
Tilfelli 1



HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

Þrýstingur á suðusvæði 1976 - 2010
Tilfelli 1

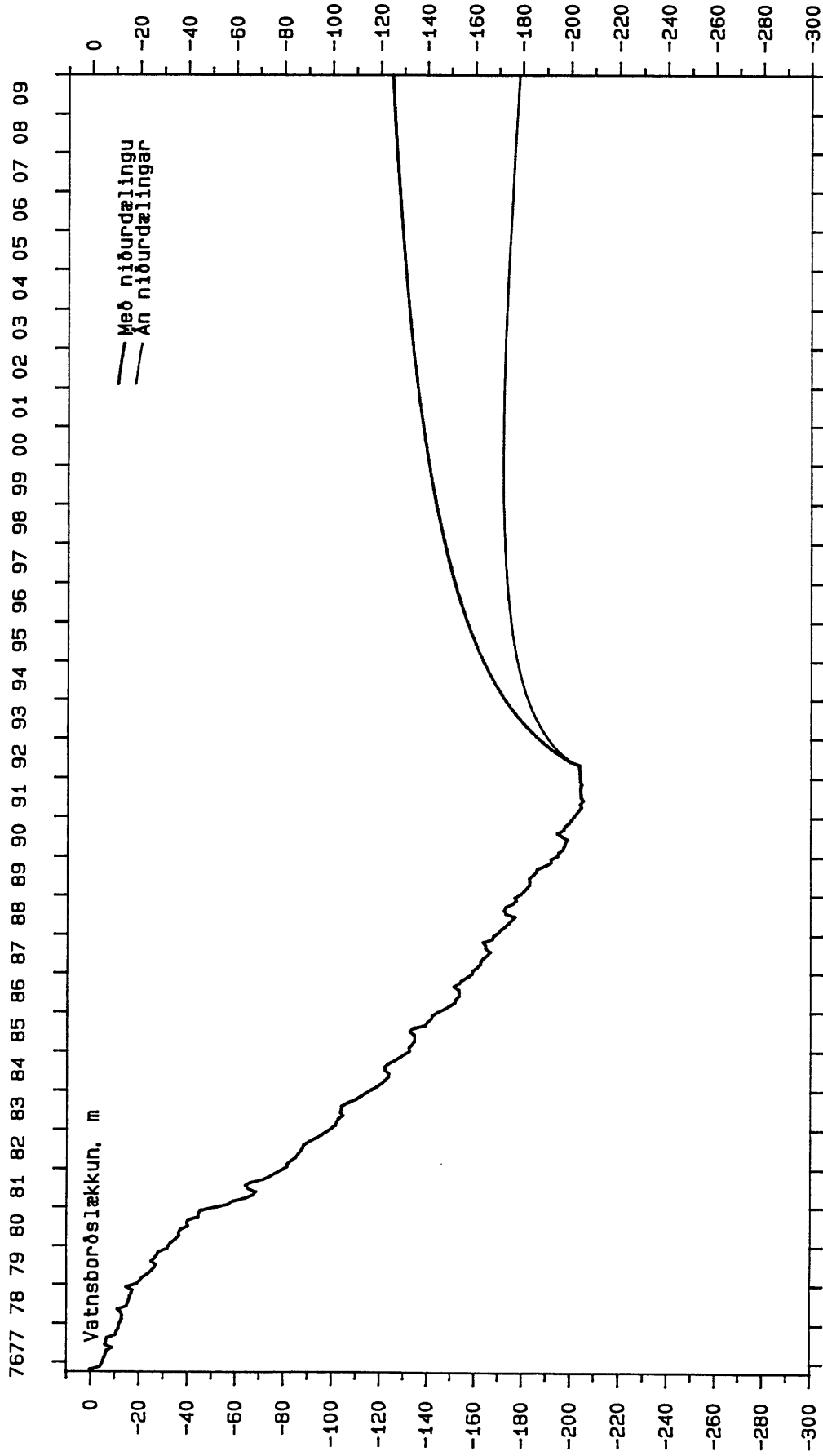


VERKFRÆÐISTOFAN 92.05
VATNASKIL 92-07-27 SPK

HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

Vatnsborðslækkun 1976 - 2010
Tilfelli 2

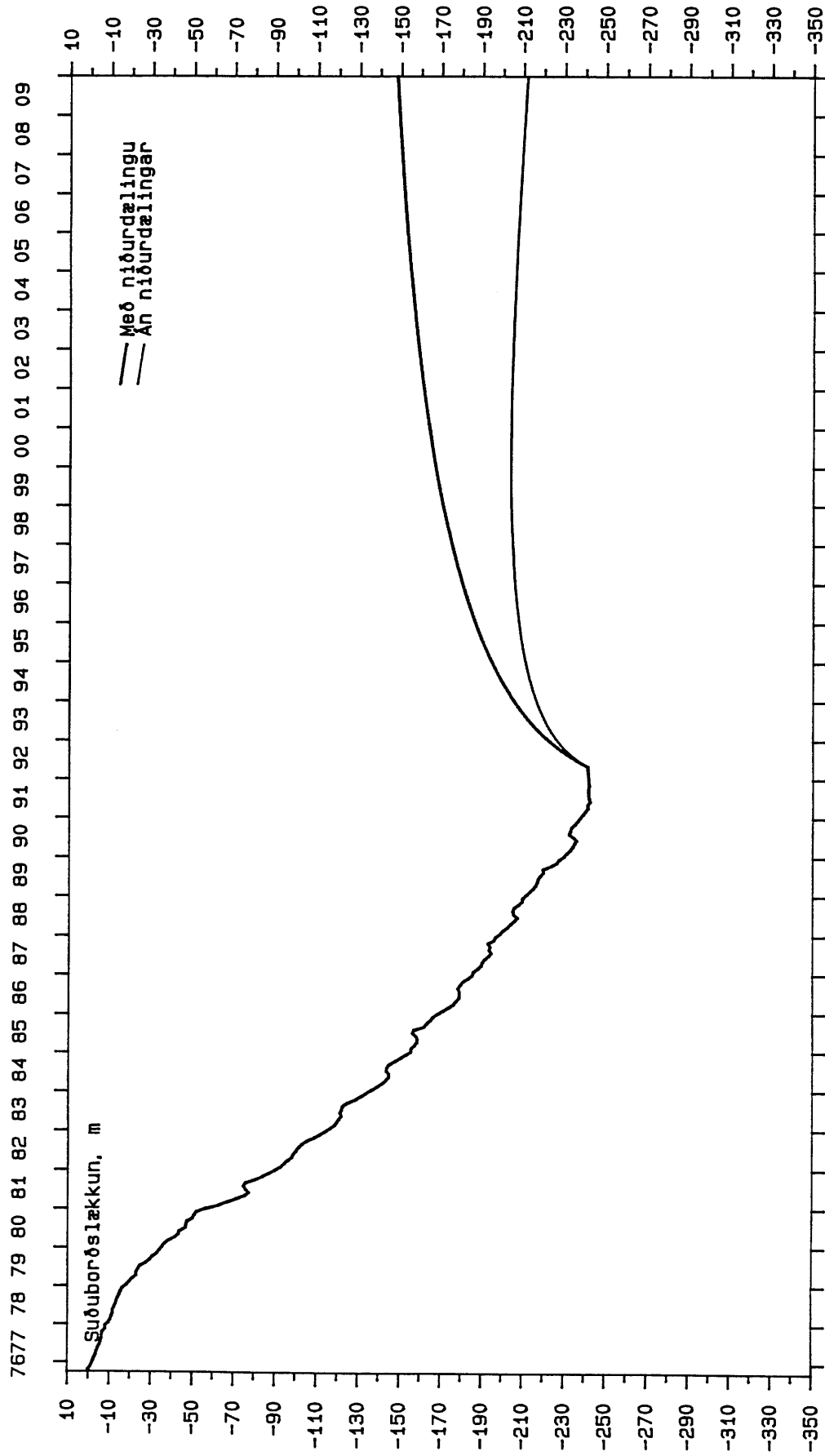


7677 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09

HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

Suðuborðslækkun 1976 - 2010
Tilfelli 2



HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

Þrýstingur á suðusvæði 1976 - 2010
Tilfelli 2

